中華農業氣象 (Chinese J. Agromet.) 9 : 25 - 36, 2002

研究報告(Original Paper)

台南白玉米測交族群在不同期作之性狀穩定性比較

張聖顯[1] 呂秀英[2] 陳 成[3]

1 行政院農業委員會花蓮區農業改良場蘭陽分場
2 行政院農業委員會農業試驗所農藝組
3 國立臺灣大學農藝學系

摘 要

食用玉米台南白品種爲台灣地區栽培甚久之地方品種，因其可適應台灣各地區及期作之氣象環境的多變性，且穩定性高，爲玉米之優良育種材料。本研究以3種優良自交系(T9-9、H95及A632)之種質導入台南白玉米族群，改變其遺傳組成，以評估不同期作氣象條件下對15個農藝性狀之穩定性及生產力的影響。結果導致測交族群大部分性狀之族群內遺傳變異程度降低，並使族群之穩定性降低；與產量相關之所有果穗性狀及子實重表現出雜交優勢之現象，而百粒重表現則降低，表示這些果穗性狀及子實重與百粒重之間可能存在產量構成要素間之補償機制所致；測交族群A632×TNW之平均值及穩定性的表現大致比T9-9×TNW、H95×TNW差，表示台南白玉米族群對不同遺傳種質之加入各欲利用其他遺傳種質進行台南白玉米族群之改良時，應慎選適當之遺傳種質，如此方能維持或增加台南白玉米族群之穩定性，同時使生產力提高。

關鍵詞：台南白、玉米、測交族群、期作、穩定性、種質、變異係數、迴歸係數。

Comparison of Stability for Agronomic Characters in Tainan-White Maize Test-cross Populations under Different Crop Seasons

Sheng-Hsien Chang [1], Hsiu-Ying Lu [2] and Cheng Chen [3] ([1.] Lanyang Branch Station, Hualien District Agricultural Improvement Station; [2.] Dvision of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, [3.] Department of Agronomy, National Taiwan University)

ABSTRACT : Tainan-white (TNW) is a native maize population which has been cultivared for quiet many years in Taiwan. TNW is a good breeding material because its high stability in the varying environments. The objective of this study is to use three test-cross populations of TNW as materials (T9-9×TNW、H95×TNW、A632×TNW), and investigate their variation of stability and performace of 15 agronomic characters affected by meteorological factors under different crop seasons. The results showed that the test-cross populations had lower genetic variation for many agronomic characters. This made the test-cross populations unstable. For the test-cross populations, both ear characters and kernel weight that related to the yield appeared hybrid vigor, while the 100-kernel weight decreased. This might result from the mechanism of yield component compensation for these characters. A632×TNW showed lower performace and stability than those of T9-9×TNW and H95×TNW, indicated that there were

本研究承行政院農委會計畫(84科技-2.1-糧-27-2(1), 85科技-1.3-糧-35-8-(1), 86科技- 1.3-糧-10-2-(1))經費支持，以及農業試驗所提供台南白族群材料，試驗得以順利完成，特致謝忱。

different (positive or negative) responses when introduced different germplasm into TNW. Therfore, in order to maintain or improve the stability and production of TNW, we should select appropriate genetic germplasms to introduce into TNW maize populations.

Key words: Tainan-white, Maize, Crop Season, Test-cross population, Stability, Germplasm, Coefficient of variance, Regression coefficient.

前　言

作物育種之目的，在創育高生產力及適應性廣的品種。然而，不同基因型對於環境變異之反應型式，往往互不相同，此種相對間的差異，稱之爲基因型與環境間 (G×E) 之交感效應。G×E 愈小則其基因型對環境變異之適應能力愈大。就人類的經濟立場而言，作物品種改良目的在增進其經濟性狀之生產力，且所選育之高產量品種最好能適應於各種不同之地理環境，因此在育種研究上多著重於生產力的穩定性。一般而言，生物具有兩類穩定性機構，一爲藉族群所含的遺傳變異力，對所處環境作遺傳組成上的適當調整而達成，即族群緩衝能力 (populational homeostasis)，另一是藉個體本身的基因型所具對生長發育的調整力 (developmental homeostasis) 而達成，爲個體緩衝能力或基因型穩定性 (戴, 1972)。以族群遺傳之觀點來看，異型接合體的基因型對環境變化較同質接合體不敏感，而異質族群較同質族群對環境變異有較好的緩衝能力 (Lerner, 1954; Lewontin, 1957; Allard and Bradshaw, 1964)。性狀在族群內維持著較大之遺傳變異，倘依據育種目標進行選種，可對族群有顯著之增進效果；性狀在不同環境間的變異較小，表示對環境之適應能力或緩衝能力較佳，即表現較爲穩定。在育種計畫進行過程中，若能明瞭欲改良性狀之遺傳變異及穩定性，則可獲事半功倍之效。

食用玉米台南白品種爲本省栽培甚久之地方品種，屬白色之馬齒種，爲具有糯性種實之天然雜交 (open-pollinated) 品種。該品種約於 90 年前由日本引進，因其適應性廣，可口性佳，甚爲民間消費者所喜愛，故在未經刻意改良及推廣之狀況下歷久不衰，而被視爲台灣玉米的在來種 (張, 1994)。台南白族群內個體之遺傳組成複雜，各農藝性狀在各個族群內的遺傳歧異性較大 (謝及曾, 1998)，蘊藏眾多適應不同環境天候之種質，族群可因應環境氣象條件之變動而自我調整，故台南白玉米族群擁有較佳之族群緩衝能力，對環境氣象條件變動之適應性亦佳，造就其產量穩定之特質，然其穩定性機制從未有深入之遺傳理論的探討。玉米 2N = 20 爲純二元體物種，對高等植物而言，在多倍體物種仍需藉助染色體組的組合及交感效應才能顯現其物競天擇及人爲選拔之效果。因此，爲瞭解台南白玉米異質族群之性狀穩定性的遺傳表現特性，本研究將台南白玉米分別與 3 種不同遺傳背景之玉米品系進行測交組合，改變其遺傳組成，以評估族群內各性狀之遺傳歧異性及對不同期作環境變異下穩定性的改變程度，並進而探究其可能造成的原因。

材料與方法

一、材料與試驗設計

本研究主要是以台南白 (Tainan-white, TNW，由農試所提供) 及其 3 個測交族群爲材料，各測交族群之組合成分及步驟說明如下：

1. A632 及 H95 自交系，爲臺灣大學農藝學系作物育種研究室自國外引進之眾多玉

米自交系中，經栽培評估爲相當適應台灣地區栽培環境之優良自交系，T9-9 是以 H95 自交系爲輪迴親採用回交法 (backcross) 轉移臘質標識基因 (waxy marker gene) 的 H95 同原系 (isogenic lines)。於本試驗中採用 H95 自交系可與 T9-9 同原系以比較臘質基因之效應，而 A632 自交系則是爲了釐清不同遺傳背景之種質應用於相同遺傳研究之差異性。

2. 以 T9-9、A632 及 H95 自交系爲母本去雄，以台南白族群天然授粉進行測交，分別收穫 3 個測交族群之測交種子 (T9-9 ×台南白、H95×台南白、A632×台南白，爲使文字敘述簡潔清晰起見，以下均以T×W、H×W及A×W代號表示)。
3. 3 個測交族群連同台南白，共 4 種族群分別於不同年份之 5 個季節：1995 春 (4 月 8 日)、1995 秋 (8 月 6 日)、1995 冬 (12 月 8 日)、1996 春 (3 月 30 日) 及 1996 秋 (8 月 26 日)，栽培於台北市之國立台灣大學農業試驗場田間，每季均採取含有四區集的逢機完全區集設計 (RCBD)。

二、栽培管理

採育苗移植方式，行株距 80 公分×20 公分，每穴一株，每區集種 50 株。全生育期施用肥料量，依有效態氮 (N)：磷 (P_2O_5)：鉀 (K_2O) = 140 : 30 : 70 公斤／公頃施用，其中磷、鉀肥的全量與氮肥之 1 / 3 氮肥於移植前當基肥施用，另 1 / 3 氮肥於移植後二週作第一次追肥施用，其餘 1 / 3 氮肥於移植後四週作第二次追肥施用。田間管理依一般玉米栽培方式，適時進行中耕除草、灌溉、排水及病蟲害防治等工作。收獲則以苞葉黃化、子實堅硬以指甲扣壓而不陷且無乳汁擠出爲準。去除苞葉後，置於 30℃ 烘箱中，烘乾六天。

三、性狀調查

在生育期間及果穗採收烘乾後，調查以下 15 個農藝性狀 (6 個植株性狀、5 個果穗性狀及 4 個子實性狀)，說明如下：

1. 植株性狀：雄穗開花日數 (days to tasseling, day)、雌穗吐絲日數 (days to silking, day)、株高 (plant height, cm)、穗位高 (ear height, cm)、莖徑 (stalk diameter, mm)、葉數 (leaf number, No.)。
2. 果穗性狀：穗長 (ear length, cm)、穗徑 (ear diameter, mm)、軸徑 (cob diameter, mm)、穗重 (ear weight, g)、每穗行數 (row number per ear, No.)。
3. 子實性狀：子實長 (kernel length, mm)、子實重 (kernel weight, g)、百粒重 (100-kernel weight, g)、子實容積重 (volume weight of kernel, g/ml)。

四、氣象因子蒐集

由中央氣象局所提供之每日氣象資料，蒐集整理試驗期間台北市之平均溫度 (℃)、最高及最低之溫差 (℃)、有效積溫 (或稱生長積溫、生育度數，growing degree days, GDD，℃)、平均降水量 (mm)、累積降水量 (mm)、平均日照時數 (hrs)、累積日照時數 (hrs)、平均日射量 (MJ/m^2) 及累積日射量 (MJ/m^2)，以瞭解不同期作間的氣象環境變異。

其中有效積溫的估算公式爲 $GDD = \Sigma\{[(T_{max}+T_{min})/2]-10℃\}$，式中 T_{max}、T_{min} 各爲每日最高及最低溫度，10℃ 爲玉米基礎溫度 (Gilmore and Rogers, 1958; Cross and Zuker, 1972)；若每日 $T_{max} > 30℃$ 則 $T_{max} = 30℃$，若每日 $T_{min} < 10℃$ 則 $T_{min} = 10℃$。本研究計算自播種至開花期及收穫期的有效積溫。

五、統計分析

本研究各項統計分析工作，均依據 SAS 統計分析軟體 (SAS, 1989) 於個人電腦建檔及運算。使用的方法說明如下：

1. 估算 3 種測交組合與台南白於不同期作

下各農藝性狀的變異係數 (coefficient of variation, CV)，並比較其間的差異性，以探討台南白在經過與不同遺傳背景之玉米品系測交後的遺傳歧異性之改變程度。

2. 4 個參試族群於 5 季各 4 區集的各農藝性狀資料進行合併季節的綜合變方分析 (combined analysis of variance)，以檢視族群間、期作環境間以及遺傳與環境交感作用是否顯著存在，然後再以最小顯著差異測驗法 (least significant difference test, LSD) 比較各族群在各期作的性狀表現差異。
3. 利用 Eberhart and Russell (1966) 之穩定性直線迴歸分析法，估算各族群之農藝性狀對不同期作環境變異的相對穩定性。基因型 i 在環境 j 的平均性狀觀測值 Y_{ij}，以直線迴歸模式表示如下：

$$Y_{ij} = m_i + b_i E_j + e_{ij}$$

其中 i=1,⋯,k, j=1,⋯,n。直線迴歸法應用於穩定性分析的程序，主要有兩個步驟：首先以各環境之性狀平均值與整個試驗的總平均值之偏差，作爲該一試驗的環境效應估值 (E_j)，稱之爲環境指標 (environmental index)，然後將各基因型在各環境之表現 (Y_{ij}) 隨這些指標 (E_j) 作迴歸分析，並以最小平方法 (least square method) 估計截距 (各基因型之性狀平均值, m_i) 及迴歸係數 (b_i)；而 e_{ij} 爲迴歸剩餘機差項，滿足平均爲 0 及變方爲 σ^2 之常態分布。一般稱 b 爲基因型 i 的穩定性係數 (stability index)，當直線迴歸關係顯著存在，可用以評價各基因型對環境的相對穩定性。當 b=1 時，表示基因型爲符合農業觀念的穩定性，其會隨著環境改善而表現增進，但也不致因環境不利而表現太差；當 b > 1 時，爲不穩定的基因型；當 b=0 時，則表示該基因型不論環境如何變化，均能維持其一致的表現，屬於生物觀念的穩定性，此多應用於病蟲害防治的品種選拔 (Becker, 1981; Lin et al, 1986; 呂，1988)。本研究係採用呂 (1994) 所設計之 SAS 程式進行該法之運算。

結　果

台南白玉米族群及 3 個測交族群，栽培於台北市之二年 5 個季節，不同季節間之 9 個氣象因子主要包括大氣溫度 (平均溫度、溫差、有效積溫)，降水量 (平均降水量、累積降水量) 及日照 (平均日照時數、累積日照時數、平均日射量、累積日射量)，分別依各季之實際開花期及收穫期調查並統計如表 1 所示。於春、秋、冬季不同期作間之各氣象因子存在明顯差異，除了季節間自然條件之不同外，並與各季玉米生育期之長短有關，大致上每日之平均溫度以冬季最低，春季次之，秋季較高，而台北市之冬季與春季除氣溫較低外，每日之平均日照時數及平均日射量亦較低，累積降水量較多，尤其是 1995 冬 (統計至收穫期)，1996 春次之。而相同季節不同年份間之氣象條件也可能表現迴異，如 1995 春及 1996 春二季之間，不論是統計至開花期或收穫期均呈現明顯之差異，以開花期之氣象因子比較，平均溫度相差 2.6℃，溫差相差 0.8℃，有效積溫相差 156℃，平均降水量相差 4.1 mm，累積降水量相差 298 mm 及累積日射量相差 54 MJ/m^2 等，均呈現明顯之差異；1995 秋及 1996 秋二季之間，平均溫度、溫差、有效積溫、累積降水量、平均日照時數及平均日射量等亦呈現明顯差異。

表 2 爲不同季節下 4 個族群各農藝性狀之變異係數 (CV)，族群內之 CV 較小，表示其族群內擁有之遺傳變異較小，反之，則族群內存在較大之遺傳變異。6 個植株性狀各季節之 CV，大多以台南白玉米族群較

Table 1. Meteorological factors [1] data collected in Taipei city for different crop seasons during experimental period

Season	MT (℃)	DT (℃)	GDD (℃)	MP (mm)	CP (mm)	MS (hrs)	CS (hrs)	MR (MJ/m²)	CR (MJ/m²)
Duration of planting to tasseling									
1995 Spring	24.7	7.1	1024	4.2	290	3.3	228	9.8	677
1996 Spring	22.1	6.3	868	8.3	588	3.4	238	10.3	731
1995 Fall	28.2	7.2	951	6.2	339	6.2	340	13.3	733
1996 Fall	26.2	6.1	1043	6.7	434	5.4	351	12.0	777
1995 Winter	16.6	5.7	869	3.3	430	2.6	336	6.8	874
Duration of planting to harvest									
1995 Spring	26.0	7.6	1553	5.0	492	3.9	391	10.6	1054
1996 Spring	24.2	7.0	1400	7.7	780	4.3	434	11.5	1158
1995 Fall	27.1	6.3	1404	4.3	362	5.3	453	11.9	1011
1996 Fall	24.9	5.6	1410	5.2	497	4.6	434	10.4	991
1995 Winter	18.1	5.9	1445	4.7	823	2.9	508	7.9	1378

(1) MT: mean temperature, DT: temperatural difference, GDD: growing degree days, MP: mean precipitation, CP: cumulative precipitation, MS: mean sunshine hours, CS: cumulative sunshine hours, MR: mean solar radiation, CR: cumulative solar radiation.

大，而 3 個測交族群較小，僅極少數測交族群之 CV 大於台南白玉米族群，如 1995 春有 H×W 之雄穗開花日數及葉數，T×W 之葉數；1996 春有 A×W 之穗位高；1995 秋有 A×W 之葉數；1996 秋有 T×W、A×W 之穗位高；1995 冬有 A×W 之雌穗吐絲日數。5 個果穗性狀，測交族群之 CV 大於台南白玉米族群者，如 1995 春有 T×W、A×W 之每穗行數；1996 春 3 個測交族群之穗長、穗徑及每穗行數，T×W、H×W之穗重；1995 及 1996 秋 3 個測交族群之每穗行數；1995 冬有 A×W 之穗長，3 個測交族群之穗徑及每穗行數。4 個子實性狀，測交族群之 CV 大於台南白玉米族群者，如 1995 春有T×W、H×W 之子實長；1996 春有T×W 之子實重及百粒重，A×W 之百粒重及子實容積重；1995 冬有 3 個測交族群之子實長，H×W 之子實重，A×W 之子實容積重。整體而言，3 個測交族群每季各性狀之 CV 以降低者居多，而每穗行數除 1995 春 H×W 外，均大於台南白玉米族群，顯示台南白玉米族群因 T9-9、A632 及 H95 自交系遺傳質之加入，除每穗行數外之其他性狀的遺傳變異程度大多縮小；同一性狀於不同季節之變異或高或低，並無一定趨勢，按此可能是測交族群與季候環境間存在不同程度之交感效應所致，即各測交族群之各性狀對不同環境之緩衝能力或機制不同。

台南白玉米族群及 3 個測交族群栽培於不同年份之 5 個季節的 15 個農藝性狀的變方分析結果列於表 3。各農藝性狀 (每穗行數除外) 於各區集間之表現差異均達顯著水準；各農藝性狀於各季節間之表現均達極顯著差異，顯示各農藝性狀表現明顯受到不同季節之氣候環境變異的影響；各測交族群間之各農藝性狀 (穗長除外) 之差異亦均達極顯著水準，顯示測交族群間存在顯著之差異，而 4 個族群之穗長無顯著差異，表示台南白玉米族群不因其他遺傳質

Table 2. Coefficient of variation (CV) for each agronomic character in TNW maize test-cross populations planted under different crop seasons

Cross[1]	Plant character					Ear character					Kernel character				
	95S[2]	96S	95F	96F	95W	95S	96S	95F	96F	95W	95S	96S	95F	96F	95W
Days to tasseling						Ear length					Kernel length				
T×W	4.0	2.7	3.4	5.7	5.0	17.0	25.2	18.5	21.1	18.3	12.1	19.0	14.1	16.2	15.5
H×W	4.5	2.8	3.7	4.2	4.7	17.0	23.5	20.1	18.4	21.4	12.0	17.1	13.2	14.8	15.2
A×W	4.0	2.1	4.7	6.1	5.3	13.7	20.7	16.5	17.4	25.2	9.5	16.0	13.0	16.2	15.5
W	4.4	4.3	5.9	8.8	5.7	18.0	18.0	22.9	24.3	24.3	10.7	20.2	15.4	23.9	14.3
Days to silking						Ear diameter					Kernel weight				
T×W	5.5	4.0	5.5	6.9	4.7	7.5	10.5	9.7	10.1	9.4	30.9	46.5	36.1	32.7	39.7
H×W	6.6	3.7	6.6	5.1	5.0	7.1	10.5	8.9	9.0	10.3	27.9	43.8	38.0	32.8	43.9
A×W	5.4	3.5	6.0	5.8	6.0	6.8	10.2	7.6	8.6	9.9	25.5	40.6	33.4	33.3	37.6
W	6.9	5.2	8.0	9.8	5.8	7.9	9.1	11.6	14.8	8.5	34.2	45.9	39.5	37.9	41.9
Plant height						Cob diameter					100-kernel weight				
T×W	10.9	12.8	9.9	11.2	12.9	9.9	10.8	10.5	12.1	11.4	14.8	13.0	15.8	18.5	17.9
H×W	9.8	11.2	10.8	11.1	10.1	9.2	11.1	11.2	11.1	11.9	13.4	11.7	16.2	16.1	17.3
A×W	10.6	9.9	9.8	10.7	9.6	9.8	10.2	10.7	10.1	13.7	12.9	13.0	14.9	20.6	18.3
W	15.2	13.5	13.7	13.5	15.6	12.4	11.8	13.2	12.2	12.6	18.1	12.1	17.9	22.2	21.4
Ear height						Ear weight					Volume weight of kernel				
T×W	19.2	18.0	16.7	30.6	26.6	29.5	45.3	32.7	33.6	39.5	3.4	9.7	6.8	6.7	11.5
H×W	16.0	16.6	19.7	26.5	22.9	26.5	40.1	34.6	32.0	42.9	3.4	9.8	5.6	5.9	10.2
A×W	20.3	24.4	18.1	30.8	28.7	24.7	38.5	31.7	32.5	37.7	4.3	12.0	6.0	6.4	13.0
W	25.4	21.9	22.9	29.5	30.6	32.8	39.4	38.1	35.6	42.3	4.9	11.7	10.0	7.6	12.1
Stalk diameter						Row number per ear									
T×W	12.9	12.4	12.6	12.5	16.6	12.0	15.7	12.4	12.9	13.9					
H×W	14.0	12.1	13.5	11.3	16.2	11.5	15.8	12.0	12.7	12.4					
A×W	15.8	11.1	11.4	13.9	18.4	14.1	14.5	13.0	13.0	12.2					
W	16.1	13.1	16.4	17.9	20.2	12.0	12.8	11.3	11.8	11.4					
Leaf number															
T×W	18.7	27.7	11.5	14.1	16.4										
H×W	19.6	25.9	13.0	13.2	15.7										
A×W	18.2	25.6	14.3	17.2	18.7										
W	18.5	29.6	14.0	17.5	20.2										

(1) T: $T_{9\text{-}9}$, H: H95, A:A632, W:TNW.

(2) 95S: 1995 spring, 96S:1996 spring, 95F: 1995 fall, 96F: 1996 fall, 95W: 1995 winter.

之加入而改變族群之穗長的遺傳變異程度；季節與測交族群間之交感效應僅子實長及百粒重未達顯著水準，表示各測交族群這 2 個性狀對環境優劣之反應趨勢相同，其餘 13 個性狀之表現均達顯著或極顯著差異之水準，意即不同之測交族群對氣候環境之需求及適應性有顯著或極顯著之差異。

台南白玉米族群及 3 個測交族群各農藝性狀於不同栽培季節下的平均値比較及 5 季間之 CV 列於表 4A、B、C，表中縱向爲比較同一季節內族群間之差異（相同小寫字母表示差異未達 5% 顯著水準），橫向則比較單一族群內之季節間差異（相同大寫字母表示差異未達 5% 顯著水準）。6 個植株性狀列於表 4A，各季節內大多以 A×W 之表現

Table 3. Mean squares from combined ANOVA for agronomic characters in TNW maize test-cross populations planted under different crop seasons

Source	DF	Plant character					
		Days to tasseling	Days to silking	Plant height	Ear height	Stalk diameter	Leaf number
Block/season	15	6.7**	12.0**	60.3*	62.6**	1.0**	0.7**
Season	4	13321.1**	13714.6**	9785.2**	5979.2**	48.8**	19.3**
Cross	3	89.0**	107.1**	500.8**	1555.0**	3.1**	1.9**
Season*Cross	12	9.4**	8.4**	150.2**	91.5**	1.0**	0.7**
Error	45	2.1	2.4	26.8	20.0	0.3	0.2

Source	DF	Ear character				
		Ear length	Ear diameter	Cob diameter	Ear weight	Row number per ear
Block/season	15	1.0*	2.9**	1.0**	169.3**	0.1
Season	4	40.5**	27.6**	4.9**	4128.7**	2.0**
Cross	3	1.4	53.0**	18.1**	246.1**	33.4**
Season*cross	12	2.1**	2.0*	1.3**	161.1**	0.3**
Error	45	0.5	0.8	0.4	44.6	0.1

Source	DF	Kernel character			
		Kernel length	Kernel weight	100-kernel weight	Volume weight of kernel
Block/season	15	0.5**	128.6**	5.1*	0.005**
Season	4	9.5**	3149.5**	155.0**	0.306**
Cross	3	2.4**	202.1**	104.9**	0.007**
Season*cross	12	0.3	129.8**	1.6	0.002*
Error	45	0.2	35.2	2.1	0.001

*,** : Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

值較小，即較早開花吐絲，穗位較低且莖徑較細，株高及葉數僅 1995 冬及 1996 秋表現較差外，其他 3 季與其他 3 個族群則表現相近；而 T×W 及 H×W 之表現與 W 較接近，僅 1996 春之穗位高的差異最大。5 個果穗性狀列於表 4B，4 個族群之果穗性狀表現值大致類似，其中以每穗行數之差異較大，4 個族群之每穗行數以 T×W 及 H×W 最多，A×W 次之，W 最少；莖徑及軸徑則以 T×W 及 H×W 較大，A×W 及 W 較小。4 個子實性狀列於表 4C，其中 W 之百粒重在 5 季均高於其他 3 個測交族群，但其他性狀之表現於 4 個族群間之差異不大。

綜觀表 4A、B、C 之分析結果，可知 4 個族群之 15 個農藝性狀各有其最適及最不適的季候或期作環境，即各性狀對不同季候或期作之反應各有其表現趨勢；如雄穗開花日數及雌穗吐絲日數之平均值變異的趨勢大致相同，4 個族群於 5 季間均以 1995 冬最晚開花吐絲，其次依序為 1996 春、1995 春、1996 秋，1995 秋則為最早開花吐絲；而株高之平均值比較，4 個族群於 5 季間雖非完全一致，然趨勢相同，均以 1995 春最高，其次依序為 1996 春、1995 秋、1996 秋、1995 冬；其他性狀亦復如是。1996 秋 3 個測交族群之穗重、子實重及所有族群之百粒重，表現比 1995 冬及 1996 春之逆境還差，依據表 1 之氣象因子資料推測，可能是該兩季下之溫差及累積日射量較低所致。

Table 4A. Multiple comparisons of plant characters among five crop seasons and among four crosses in TNW maize test-cross populations

Cross[1]	1995 Spring		1996 Spring		1995 Fall		1996 Fall		1995 Winter		CV[3]
Days to tasseling (day)											
T×W	69.7a	B[2]	71.2b	B	56.2b	D	67.0ab	C	131.4a	A	37.7
H×W	69.3ab	B	71.3ab	B	56.1b	D	65.3b	C	130.0ab	A	37.5
A×W	66.8c	B	68.7c	B	53.1c	D	60.4c	C	124.3c	A	38.1
W	67.9bc	C	72.1a	B	58.0a	D	69.0a	BC	127.7b	A	35.2
Days to silking (day)											
T×W	71.9a	BC	72.5b	B	58.2b	D	69.0ab	C	133.3a	A	36.8
H×W	71.2a	B	72.5b	B	58.4b	D	66.9b	C	132.7a	A	37.1
A×W	68.5b	B	70.6c	B	55.5c	D	62.6c	C	128.2b	A	37.8
W	71.1a	C	75.3a	B	61.6a	D	72.3a	BC	132.4a	A	34.3
Plant height (cm)											
T×W	178.5ab	A	169.2b	AB	165.3ab	B	136.5ab	C	126.1ab	D	14.5
H×W	181.5a	A	164.3b	B	159.3b	B	129.6bc	C	119.3bc	D	17.0
A×W	173.5ab	A	168.2b	AB	163.6ab	B	122.7c	C	118.5c	C	17.7
W	171.5b	B	189.6a	A	169.4a	B	144.2a	C	127.1a	D	15.4
Ear height (cm)											
T×W	77.7a	B	87.8b	A	78.5ab	B	46.0b	C	48.5b	C	28.2
H×W	79.1a	A	84.1b	A	72.3bc	B	39.2c	C	44.1bc	C	32.5
A×W	70.0b	A	69.1c	A	66.8c	A	34.6c	B	39.6c	B	31.1
W	79.3a	B	105.8a	A	86.9a	B	59.9a	C	54.8a	C	26.8
Stalk diameter (mm)											
T×W	15.4a	B	16.5b	A	15.7a	AB	15.0a	B	13.1a	C	8.3
H×W	15.3a	B	16.3b	A	15.9a	AB	14.3ab	C	12.1b	D	11.2
A×W	14.6a	B	16.7b	A	15.7a	A	13.5b	B	11.1c	C	15.1
W	15.3a	BC	17.8a	A	15.6a	B	14.5a	C	12.6ab	D	12.3
Leaf number (No.)											
T×W	9.0a	B	7.8bc	C	10.4a	A	9.9ab	A	8.2a	C	12.4
H×W	8.8a	BC	8.2ab	CD	10.1a	A	9.6b	AB	7.6b	D	11.5
A×W	9.3a	B	7.2c	C	10.3a	A	8.7c	B	7.7ab	C	14.4
W	8.9a	B	8.8a	BC	10.6a	A	10.6a	A	8.0ab	C	12.5

(1) T: T9-9, H: H95, A: A632, W: TNW.

(2) Means for different crosses followed by the same small letter within each column (season), as well as means for different seasons followed by the same capital letter within each row (cross) are not significantly different at 5% level by the LSD test.

(3) Coefficient of variance across all crop seasons.

整體而言，由 4 個族群在 5 季間之 CV 差異 (表 4A、B、C) 來看，除穗位高、軸徑、每穗行數、子實長、百粒重及子實容積重等性狀以 H×W 之 CV 較大外，其他性狀大多以 A×W 之 CV 較大，顯示 A632 自交系之種質與台南白玉米族群間之親緣關係可能比較疏遠；除穗徑及軸徑外，其他 13 個性狀 5 季間之 CV 均增加，顯示 T9-9、H95 及 A632 等不同種質加入台南白玉米族群後，使測交族群對季候環境變異之

Table 4B. Multiple comparisons of ear characters among five crop seasons and among four crosses in TNW maize test-cross populations

Cross(1)	1995 Spring		1996 Spring		1995 Fall		1996 Fall		1995 Winter		CV(3)
Ear length (cm)											
T×W	15.8ab	A(2)	12.6a	C	13.9b	B	11.8b	C	12.5a	C	11.9
H×W	15.8ab	A	13.6a	B	13.4b	B	11.8b	C	12.0a	C	12.0
A×W	17.0a	A	13.7a	C	15.3a	B	11.6b	D	11.7a	D	16.8
W	14.9b	A	14.1a	AB	13.6b	B	13.2a	BC	12.0a	C	8.1
Ear diameter (mm)											
T×W	39.0b	AB	36.2a	C	39.5a	A	37.3a	BC	38.0a	AB	3.4
H×W	39.9a	A	36.8a	B	39.1a	A	37.4a	B	36.4b	B	4.0
A×W	36.2c	A	32.8c	B	36.9b	A	33.7b	B	34.2c	B	4.9
W	36.4c	A	34.4b	B	36.3b	AB	34.8b	AB	36.5ab	A	2.8
Cob diameter (mm)											
T×W	20.2a	AB	21.0a	A	20.2a	AB	19.4a	B	20.7a	A	3.1
H×W	20.5a	AB	21.1a	A	19.5ab	BC	18.8ab	C	20.0ab	B	4.4
A×W	18.1b	AB	18.1c	AB	19.0b	A	17.7c	B	19.0c	AB	3.3
W	17.5b	C	19.6a	A	18.8b	AB	18.2bc	BC	19.5bc	A	4.8
Ear weight (g)											
T×W	107.4ab	A	80.6ab	C	97.5a	AB	69.2ab	C	81.9a	BC	17.3
H×W	109.9a	A	85.5a	B	90.3a	B	66.9b	C	69.8b	C	20.5
A×W	108.5a	A	70.4b	C	92.9a	B	52.3c	D	72.1ab	C	27.5
W	96.4b	A	72.4b	C	89.4a	AB	76.3a	BC	72.1ab	C	13.5
Row number per ear (No.)											
T×W	11.5a	AB	10.8a	C	11.8a	A	10.7a	C	11.0a	BC	4.0
H×W	11.8a	A	10.8a	B	11.4a	A	10.6a	B	10.4b	B	5.3
A×W	9.7b	A	9.6b	A	9.8b	A	8.8b	B	9.3c	AB	4.4
W	8.4c	AB	8.7c	A	8.5c	A	8.1c	B	8.5d	A	2.7

(1) T: $T_{9\text{-}9}$, H: H95, A: A632, W: TNW.

(2) Means for different crosses followed by the same small letter within each column (season), as well as means for different seasons followed by the same capital letter within each row (cross) are not significantly different at 5% level by the LSD test. (3) Coefficient of variance across all crop seasons.

緩衝能力降低，即穩定性可能變差，因此必須進一步比較各測交族群及台南白族群在不同期作環境下的相對穩定性。

4 個玉米族群於 5 個季節下之 15 個農藝性狀的平均值及穩定性迴歸係數 (b) 列於表 5。由表中發現，除了台南白之每穗行數的 b 值甚小於 1 而近於 0 以外，其他族群各性狀之 b 值均近於或大於 1，顯示台南白族群之每穗行數屬於生物學上非常穩定的性狀，而其他族群之性狀都能符合農業上之穩定性需求，在有利環境下其表現可獲得不錯之增進，在逆境時會表現變差，但是仍能維持一定之水準。不同測交族群相較於台南白 (W) 之穩定性，6 個植株性狀中僅莖徑之 A×W 更不穩定而 T×W 及 H×W 更穩定，至於其他性狀之穩定性未因其他遺傳質之加入有明顯改變。5 個果穗性狀中，穗長、穗徑及穗重之 A×W 變得非常不穩定，T×W 及 H×W 則穩定度變低但仍符合農業上之穩定性需求；台南白之軸徑在測

Table 4C. Multiple comparisons of kernel characters among five crop seasons and among four crosses in TNW maize test-cross populations

Cross(1)	1995 Spring		1996 Spring		1995 Fall		1996 Fall		1995 Winter		CV(3)
Kernel length (mm)											
T×W	9.4ab	AB(2)	7.6a	C	9.6a	A	9.0ab	AB	8.7a	B	9.0
H×W	9.7a	A	7.8a	B	9.8a	A	9.3a	A	8.2a	B	9.9
A×W	9.0b	A	7.4a	C	9.0b	A	8.0b	B	7.5b	BC	9.3
W	9.5ab	A	7.4a	C	8.9b	AB	8.3b	B	8.5a	B	8.9
Kernel weight (g)											
T×W	91.7a	A	68.0ab	C	82.3a	AB	59.5a	C	70.2a	BC	17.1
H×W	95.6a	A	72.4a	BC	77.2a	B	58.5a	D	60.6a	CD	20.5
A×W	93.6a	A	58.6b	C	79.7a	B	45.2b	D	61.9a	C	28.0
W	81.8b	A	57.2b	C	77.1a	AB	65.3a	BC	61.0a	C	15.4
100-kernel weight (g)											
T×W	29.3b	B	28.9b	BC	34.2b	A	26.5b	C	29.2b	B	9.5
H×W	30.3b	B	29.9b	B	35.1b	A	27.2b	C	28.2b	C	10.1
A×W	29.9b	B	29.8b	B	34.8b	A	26.4b	C	30.0b	B	9.9
W	34.3a	B	33.6a	B	40.6a	A	31.2a	B	33.7a	B	10.2
Volume weight of kernel (g/ml)											
T×W	1.20a	A	0.92a	C	1.02ab	B	1.22ab	A	0.99a	B	12.3
H×W	1.20a	A	0.93a	C	1.03a	B	1.26a	A	0.94ab	C	14.2
A×W	1.18a	A	0.92a	C	1.00b	B	1.19b	A	0.89b	BC	13.6
W	1.19a	A	0.93a	C	1.04a	B	1.21ab	A	0.97a	C	11.9

(1) T: $T_{9\text{-}9}$, H: H95, A: A632, W: TNW.

(2) Means for different crosses followed by the same small letter within each column (season), as well as means for different seasons followed by the same capital letter within each row (cross) are not significantly different at 5% level by the LSD test.

(3) Coefficient of variance across all crop seasons.

交後均變得較為穩定，尤以 A×W 最為穩定；測交族群之每穗行數均變得不穩定，尤以 H×W 為甚。4 個子實性狀中，子實重之 A×W 變得非常不穩定，其他測交族群之穩定度也降低但仍符合農業上之穩定需求；百粒重則以測交族群均較台南白穩定；子實長及子實容積重之穩定性則無明顯改變。T×W 及 H×W 與產量相關之子實重及穗重均因其他遺傳質之加入而增加，表現出雜種優勢之現象，但其百粒重均較台南白為小，穗長及子實容積重與台南白相似，而究其增產之原因，應是子實變長及每穗行數增加所致(表 4A、B、C)。

討 論

綜合上述結果，台南白測交族群中以 A×W 測交族群之穩定性表現差異較大，如穗位高、軸徑、百粒重之穩定性均提高，莖徑、穗長、穗重、每穗行數及子實重之穩定性均降低，顯示 A632 遺傳背景與台南白族群相差較遠，測交族群中一半是保留台南白異質族群之染色體組，一半為新加入之 A632 染色體組，遺傳背景相差較遠之二個半套染色體組間的互補作用或協同作用可能較差，使 A×W 測交族群與台南白族群之間的差異較大。T×W 及 H×W 測交族群間僅莖徑及每穗行數之穩定性差異較

Table 5. Regression analysis for stability of agronomic characters in TNW maize test-cross populations planted under different crop seasons

Cross[1]	Plant character											
	Days to tasseling		Days to silking		Plant height		Ear height		Stalk diameter		Leaf number	
	m[2]	b[3]	m	b	m	b	m	b	m	b	m	b
T×W	79.1a	1.04	81.0b	1.02	154.7b	0.93	67.4b	1.01	15.1ab	0.73	9.0b	1.03
H×W	78.4a	1.02	80.3b	1.02	150.6c	1.03	63.6c	1.07	14.8b	0.95	8.9bc	0.93
A×W	74.7b	0.98	77.1c	1.00	148.9c	1.09	55.9d	0.89	14.3c	1.27	8.6c	1.06
W	78.9a	0.96	82.6a	0.96	160.1a	0.95	77.1a	1.03	15.2a	1.05	9.4a	0.99

Cross	Ear character									
	Earb length		Ear diameter		Cob diameter		Ear weight		Row number per ear	
	m	b	m	b	m	b	m	b	m	b
T×W	13.3b	0.96	37.9a	0.99	20.3a	1.07	86.4a	0.94	11.1a	1.13
H×W	13.3b	1.00	37.9a	1.03	20.0a	1.12	84.2ab	1.05	11.0a	1.45
A×W	13.8a	1.43	34.7c	1.31	18.3b	0.58	78.4c	1.35	9.4b	1.11
W	13.6ab	0.61	35.6b	0.67	18.7b	1.23	81.0bc	0.65	8.4c	0.31

Cross	Kernel character							
	Kernel length		Kernel weight		100-kernel weight		Volume weight of kernel	
	m	b	m	b	m	b	m	b
T×W	8.8a	1.01	73.6a	0.92	29.6b	0.90	1.1a	0.94
H×W	9.0a	1.10	72.6a	1.03	30.1b	0.96	1.1a	1.10
A×W	8.2c	0.96	67.0b	1.35	30.1b	0.95	1.0b	1.03
W	8.5b	0.93	68.3b	0.70	34.5a	1.18	1.1a	0.93

(1) T: T9-9, H: H95, A: A632, W: TNW.

(2) m: mean values across all crop seasons for different crosses followed by the same small letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

(3) b: stability index from regression.

大，可能是受到臘質基因效應之影響，而與台南白族群之間的差異除每穗行數外，均小於A×W與台南白族群之間的差異，顯示T9-9及H95之遺傳背景與台南白族群比較接近。

依據Allard及Bradshaw (1964)之研究，植物之穩定性由個體之緩衝能力及族群之緩衝能力所左右。台南白玉米族群屬於天然授粉之異質族群，族群之穩定性機制兼具上述二種緩衝能力之作用，在台灣多變之環境下經過長期馴化，各地區族群間之農藝性狀已有顯著差異(黃等，1990；謝及曾，1998；楊等，2003)，即各地區族群內已調整形成最適應當地季候或期作之遺傳組成。本研究以優良自交系之種質導入台南白玉米族群，結果導致測交族群大部分性狀之季節內CV變小，即族群內遺傳變異程度降低(表2)，而亦使其大部分性狀之季節間CV變大，穩定性降低(如表4A、B、C及表5)。由各測交族群與台南白族群間之平均值差異比較，則顯示測交族群之部分性狀呈現出雜交優勢之現象，尤其是與產量相關之所有果穗性狀及子實重之表現變得較佳，但百粒重則降低，按此可能

是果穗性狀及子實重與百粒重間存在某種程度之補償機制所致。A×W 之各性狀平均值及穩定性的表現大多比 T×W、H×W 差，表示台南白玉米族群對不同遺傳種質之加入各有優劣不同之反應，欲利用其他遺傳種質進行台南白玉米族群之改良時，應慎選適當之遺傳種質，期能獲得具最佳之補償及協同作用的遺傳組成，以維持或增加台南白玉米族群之穩定性，同時使生產力提高。

引用文獻

呂秀英。1988。穩定性分析。科學農業 36 (11,12):333-339。

呂秀英。1994。穩定性迴歸分析之 SAS 程式。中華農業研究 43:283-292。

張新吉。1994。本地白玉米「台南白」。農友通訊 157:76-83。

黃懿秦、楊文煌、曾美倉、謝兆樞。1990。不同地區之台南白玉米族群間差異之比較。台大農學院研究報告 30:52-59。

楊舒惠、謝光照、吳詩都。2003。台南白玉米不同族群發芽性狀之變異。中華農學會報 4:1-16。

戴喬治。1972。作物產量穩定性的意義及測定。科學農業 20(1,2):99-107。

謝光照、曾富生。1998。臺灣不同地區台南白玉米族群性狀之變異。中華農業研究 47:204-219。

Allard, R. W. and A. D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. Crop Sci. 4:503-508.

Becker, H. C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. Euphytica 30: 835-840.

Cross, H. Z. and M. S. Zuker. 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. Agron. J. 64:351-355.

Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.

Gilmore, E. C., Jr. and J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50:611-615.

Lerner, I. M. 1954. Genetic Homeostasis. Oliver & Boyd., Edinbourg, London.

Lewontin, R. C. 1957. The adaptation of populations to various environments. Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol. 22:395-408.

Lin, C. S. ,M. R. Binns and L. P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand? Crop Sci. 26: 894-900.

SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide. Version 6. 4th ed., Vol. I. SAS Inst. Inc., Cary, N.C., USA. 943p.